

13
P 14

Rec'd PCT/PTO 17 JUN 2005



REC'D: 17 OCT 2003
WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 60 105.4

Anmeldetag: 19. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Drucksensor

IPC: G 01 L 7/08

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED
BUT NOT IN COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 15. September 2003
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident
Im Auftrag

Wallner

19.12.02 Sb/Zj

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

5

Drucksensor

10 Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Drucksensor nach der Gattung des Hauptanspruchs. Es sind bereits mikromechanische Siliziumdrucksensoren bekannt, wobei durch die Einbringung einer Kaverne in einem Siliziumchip eine Membran erzeugt wird. Ein solcher Siliziumsensor ist beispielsweise in der deutschen Offenlegungsschrift DE 199 57 556 offenbart. Hierbei wird die Kaverne beispielsweise durch anisotropes KOH-Ätzen erzeugt.

Vorteile der Erfindung

20 Der erfindungsgemäße Drucksensor mit den Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass ein einfacher und kostengünstiger Aufbau für die Herstellung eines Drucksensors vorgeschlagen wird. Insbesondere dient der erfindungsgemäße Drucksensor der Messung hoher Drücke, wobei der erfindungsgemäße Drucksensor dennoch eine hohe Überlastsicherheit aufweist. Weiterhin ist es erfindungsgemäß auch möglich, den Drucksensor für geringe Drücke einzusetzen. Dadurch hat der erfindungsgemäße Drucksensor den Vorteil, dass eine kostengünstige Herstellung eines mikromechanischen Sensors für geringe bis hohe Drücke (bis bzw. über 1000 bar) möglich ist. Damit ist es möglich, kostengünstig einen Drucksensor bereitzustellen, der für eine große Bandbreite von unterschiedlichen Drücken einsetzbar ist. Dadurch können die Stückzahlen erhöht werden und die Kosten weiter gesenkt werden. Durch die erfindungsgemäße Anordnung ist es weiterhin möglich, eine Trennung von Druckmedium und Auswerteschaltung zu bewirken. Insbesondere ist es von Vorteil, dass die Verbindungen zwischen dem ersten und dem zweiten Befestigungsbereich nur auf Druck belastet werden. Dies bedeutet, dass die Kraftwirkung, die auf den Membranbereich zur Messung eines Drucks wirkt, die Wirkung hat, dass der erste Befestigungsbereich auf den zweiten Befestigungsbereich hin gedrückt wird.

35

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Drucksensors möglich.

5 Besonders vorteilhaft ist, dass das Drucksensorelement aus Halbleitermaterial und/oder in
10 Bulktrikromechanik hergestellt vorgesehen ist. Dadurch ist es möglich, das Drucksensorelement und damit den Drucksensor besonders kostengünstig und betriebssicher herzustellen. Weiterhin ist es von Vorteil, dass der Drucksensor für hohe Drücke bis ca. 1000 bar bzw. für hohe Drücke über 1000 bar vorgesehen ist. Dadurch ist der Drucksensor besonders kostengünstig und wegen der
15 Verwendbarkeit in einem großen Druckbereich in großen Stückzahlen herstellbar. Weiterhin ist es von Vorteil, dass das Befestigungselement hinsichtlich seines Temperaturausdehnungskoeffizienten an das Sensorelement angepasst vorgesehen ist. Dadurch ist es möglich, dass durch Temperaturschwankungen nur geringe Spannungen in das Sensorelement eingebracht werden bzw. dass der Drucksensor nicht nur in einem großen Druckbereich sondern auch in einem großen Temperaturbereich verwendbar ist. Weiterhin ist es von Vorteil, dass
20 zwischen dem ersten Befestigungsbereich und dem zweiten Befestigungsbereich ein Verbindungsmaterial vorgesehen ist, wobei das Verbindungsmaterial insbesondere vergleichsweise weich vorgesehen ist. Dadurch können mechanische Spannungen aufgrund von Temperaturschwankungen ebenfalls gut ausgeglichen werden. Weiterhin ist es von Vorteil, dass im Membranbereich Widerstandselemente vorgesehen sind. Dadurch ist es mit einfachen Mitteln und damit kostengünstig möglich, Drücke in großen Druckbereichen zu messen. Weiterhin ist es von Vorteil, dass die Verbindungsfläche zwischen dem ersten Befestigungsbereich und dem zweiten Befestigungsbereich parallel oder schräg bzw. in einem spitzen Winkel zur Membranebene vorgesehen ist. Dadurch ergeben sich vielfältige Variationsmöglichkeiten des erfindungsgemäßen Drucksensors. Weiterhin ist es von Vorteil, dass sich der Querschnitt des Befestigungselementes zum zweiten Befestigungsbereich hin verjüngt. Dadurch ist es möglich, den Sensorchip in einfacher Weise zentriert zu montieren.

Zeichnung

30 Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen Figur 1 einen bekannten mikromechanischen Siliziumdrucksensor nach dem Stand der Technik,

35 Figur 2 ein erfindungsgemäßer Drucksensor als Absolutdrucksensor,

5

Figur 3 ein erfindungsgemäßer Drucksensor als Relativdrucksensor,
Figur 4 verschiedene Zwischenschritte zur Herstellung des Sensorelementes,
Figur 5 eine erste Aufbauvariante des erfindungsgemäßen Sensors und
Figur 6 eine zweite Aufbauvariante des erfindungsgemäßen Sensors.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist der allgemein übliche Aufbau von mikromechanischen Siliziumdrucksensoren dargestellt. Ein Siliziumsubstrat 110 ist mit einer Kaverne 152 versehen, welche eine nicht näher mit einem Bezugszeichen versehene Membran stehen lässt. Das Siliziumsubstrat 110 ist mit einem mit einer Bohrung versehenen Glas 150 verbunden, welches mit einem Lot 160 auf einen Sockel 120 gelötet ist. Der Sockel 120 ist einstückig mit einem Druckanschlussrohr 120 verbunden. Weiterhin sind nicht näher mittels eines Bezugszeichens versehene und auf der Oberseite des Siliziumsubstrats 110 befindliche Messwiderstände über einen oder mehrere Bonddrähte 132 mit einem Anschlussstift 130 verbunden, welche mittels einer Einglasung 131 von dem Sockel 120 elektrisch getrennt sind. Die Kaverne 152 des Siliziumsubstrats 110 weist eine typische Ätzschräge auf, die in etwa pyramidenstumpfartig geformt ist. Hierdurch ergibt sich ein trapezförmiger Querschnitt. Diese pyramidenstumpfförmige Aussparung unterhalb der Sensormembran ergibt sich bei der Verwendung eines Siliziumsubstrats, welches eine (100)-Orientierung aufweist, weil eine KOH-Ätzung unterschiedliche Ätzraten in unterschiedliche Kristallrichtungen aufweist. Als nachteilig erweist sich bei dem bekannten Drucksensor, dass als Druckangriffsfläche die pyramidenstumpfförmige Aussparung an ihrem größten Querschnitt, d.h. an der Rückseite des Siliziumsubstrats, maßgebend ist. Dadurch wirken große Zugkräfte auf das Glas 150 und das Lot 160. Hierdurch weist der Siliziumsensor beim Stand der Technik nur einen vergleichsweise geringen Berstdruck auf. Drucksensoren werden oft in Bulk-mikromechanik hergestellt und auf Glas anodisch gebondet. Zur Rückseitendruckbeaufschlagung wird der Sensor auf einen gelochten Sockel gelötet. Bei Druckbeaufschlagung werden das Glas und die Verbindungsstellen Silizium-Glas und Glas-Lot-Sockel stark auf Zug belastet, so dass Druckbelastungen über 100 bar nur schwer zu realisieren sind. Für höhere Drücke werden teure Aufbaukonzepte verwendet, die z.T. eine Metallmembran verwenden (z.B. Dünnschicht auf Metallmembran, mikromechanischer Drucksensor mit Ölvorlage).

35

In Figur 2 ist ein erfindungsgemäßer Drucksensor dargestellt. Ein Drucksensorelement 10, welches insbesondere aus einem Halbleitermaterial und hier insbesondere aus Silizium vorgesehen ist, weist auf einer Vorderseite ein Membranbereich 12 auf. Auf der Rückseite des

Membranbereichs 12 ist im Drucksensorelement 10 eine geätzte Kaverne 52 ausgebildet, die insbesondere mittels eines Trenchätzverfahrens von der Rückseite in das Drucksensorelement 10 eingebracht wurde. In Figur 2 sind mit dem Bezugszeichen 16 Messwiderstände auf dem Membranbereich 12 des Drucksensorelement 10 angedeutet, die jedoch in den weiteren Figuren der Einfachheit halber nicht dargestellt, jedoch mitzudenken sind. Das Drucksensorelement 10 weist in Figur 2 im Bereich seiner Rückseite einen Befestigungsbereich 14 auf, der im folgenden als erster Befestigungsbereich 14 bezeichnet wird. Der Drucksensorchip 10, d.h. das Drucksensorelement 10, wird in der in Figur 2 dargestellten Ausführungsform insbesondere so hergestellt, dass er seitliche Auskragungen 17 hat, mittels derer er in bzw. an einem Sockel 20 befestigt werden kann. Bei dieser Befestigungsart treten bei Druckbeaufschlagung nur Druckspannungen auf. Die durch die Druckbeaufschlagung auf das Drucksensorelement 10 ausgeübte Kraft ist in Figur 2 mit einem Pfeil und dem Bezugszeichen 11 dargestellt.

Zur Herstellung des erfindungsgemäßen Drucksensors wird das Drucksensorelement 10 mit dem Sockel 20 verbunden, wobei der Sockel 20 im Folgenden auch als Befestigungselement 20 bezeichnet wird. Das Befestigungselement 20 weist ebenfalls einen Befestigungsbereich 22 insbesondere im Bereich des zuvor erwähnte Auskragung 17 auf, der im folgenden als zweiter Befestigungsbereich 22 bezeichnet wird. Zwischen dem ersten Befestigungsbereich 14 und dem zweiten Befestigungsbereich 22 ist ein Verbindungsmaterial 15 vorgesehen. Als Verbindungsmaterial 15 können z.B. Lote (Metall, Glas) oder Kleber verwendet werden. Bevorzugt besteht der Sockel 20 aus dem Material Kovar und ist somit bzgl. seines thermischen Ausdehnungskoeffizienten an den thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Materials des Drucksensorelement 10, d.h. insbesondere an Silizium, angepasst. Da das bevorzugte Sockelmaterial Kovar schlecht bearbeitbar ist, wird der Sockel 20 bevorzugt mittels der Technik des „metal injection molding“ hergestellt. Das Verbindungsmaterial 15 ist bevorzugt relativ weich, um mechanische Spannungen bei Temperaturwechseln abzufangen.

In Figur 2 ist eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Drucksensors als Absolutdrucksensor dargestellt. Hierbei ist eine vakuumdichte Kappe 40 um die Vorderseite des Drucksensorelementes 10 vorgesehen. Der Sockel 20 umfasst wiederum in seinem unteren Teil und nicht näher mit einem Bezugszeichen dargestellt ein Druckanschlussrohr. Weiterhin sind die auf der Oberseite des Drucksensorelementes 10 befindlichen Messwiderstände 12 über einen oder mehrere Bonddrähte 32 mit einem oder mehreren Anschlussstift(en) 30 verbunden, welche mittels einer Einglasung 31 von dem Sockel 20 elektrisch getrennt sind. Die Kappe 40 umschließt ein Referenzvolumen 41, das beispielsweise evakuiert vorgesehen ist. Dadurch kann der Absolutdruck auf der Rückseite des

Drucksensorelement 10, d.h. auf der dem Referenzvolumen 41 abgewandten Seite des Drucksensorelement 10, gemessen werden.

In Figur 3 ist ein erfindungsgemäßer Drucksensor als Relativdrucksensor dargestellt. Wiederum ist das Drucksensorelement 10 mit seinem ersten Befestigungsbereich 14 und seinem Membranbereich 12 dargestellt. Weiterhin ist wiederum der Sockel 20 mit seinem zweiten Befestigungsbereich 22 dargestellt. Weiterhin ist wiederum das Verbindungsmaß 15 zwischen dem ersten und dem zweiten Befestigungsbereich 14, 22 und die auf das Drucksensorelement 10 ausgeübte Druckkraft 11 bzw. Kraftwirkung 11 dargestellt. In Figur 3 ist mit dem Bezugszeichen 42 eine Leiterplatte dargestellt. Die elektrischen Zuführungen zwischen der Leiterplatte 42 und dem Drucksensorelement 10 sind wiederum über Bonddrähte 32 realisiert. Die Leiterplatte 42 kann erfindungsgemäß auch als Hybrid 42 vorgesehen sein.

In Figur 4 sind verschiedene Zwischenschritte zur Herstellung des Sensorelementes 10 dargestellt. Ein Substrat 50, insbesondere ein Halbleitersubstrat 50 als bevorzugtes Material für das Sensorelement 10, wird gemäß bekannten Verfahren prozessiert. Hierbei wird insbesondere eine Kaverne 52 in die Rückseite des zukünftigen Drucksensorelementes 10 geätzt, vgl. Figur 4a. Hierbei findet erfindungsgemäß insbesondere ein Trenchätzverfahren oder ein – wie im Zusammenhang mit Figur 1 erläutert – KOH-Ätzverfahren Anwendung. Durch die Ätzung der Kaverne 52 entsteht im Bereich der Vorderseite des zukünftigen Drucksensorelementes 10 der Membranbereich 12. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden vor dem Ätzen der Kaverne 52 auf der Vorderseite des zukünftigen Drucksensorelementes 10 piezoresistive Widerstände auf der Membran und ggf. zusätzlich eine integrierte Auswerteschaltung im Substrat 50 neben der Membran erzeugt. Weder die Widerstände noch die Auswerteschaltung sind jedoch in Figur 4 dargestellt. In Figur 4b ist ein weiterer Schritt zu Herstellung der Drucksensorelemente 10 dargestellt: von der Vorderseite her werden Einkerbungen 54 realisiert. Figur 4a und Figur 4b stellen jeweils Seitenansichten des erfindungsgemäßen Drucksensorelementes 10 entlang eines Schnittes durch den Membranbereich 12 dar. Die Einkerbungen 54 werden erfindungsgemäß insbesondere durch Ätztechniken wie Hochratentrechätzen oder durch Sägen mit einem breiten Sägeblatt hergestellt. Die Form der Einkerbungen, wie zum Beispiel quadratisch, rund, etc., ist dabei frei wählbar. In Figur 4c ist eine Draufsicht auf eine Anzahl von solchermaßen vorbereiteten zukünftigen Drucksensorelementen 10 dargestellt, wobei der Membranbereich 12 besonders hervorgehoben ist.

5 Im Anschluss an diese Vorbereitungsschritte werden die noch zusammenhängenden (vgl. Figuren 4a-4c) Drucksensorelemente 10 vereinzelt. Bevorzugt erfolgt dies mittels Sägen mit einem sehr dünnen Sägeblatt. Das so erhaltene Drucksensorelement 10, das im folgenden auch als Drucksensorchip 10 bzw. als Sensorchip 10 bezeichnet wird, kann nun in einem in den Figuren 2 und 3 gezeigten Sockel 20 montiert werden.

10 In den Figuren 5 und 6 sind Varianten eines erfindungsgemäßen Drucksensors dargestellt. Als eine erste Variante (in Figur 5 dargestellt) kann der Sensorchip 10 ohne eine Einkerbung, d.h. ohne die in Figur 2 dargestellten Auskragung 17, montiert werden. In diesem Fall befindet sich der erste Befestigungsbereich 14 am Rande des Sensorchips 10 neben dem Membranbereich 12 auf der Vorderseite des Sensorchips 10. Der Sockel besitzt in diesem Fall bevorzugt eine schräg zulaufende Führung, die die zentrische Montage des Drucksensorchips 10 erleichtert.

15 In einer zweiten Variante (in Figur 6 dargestellt) des erfindungsgemäßen Drucksensors wird mittels eines speziellen Sägeblatts der Sensorchip 10 mit einer schrägen Sägekante hergestellt. Dadurch kann der Chip selbstzentriert montiert werden. Dies hat zur Folge, dass die Verbindungsfläche zwischen dem ersten Befestigungsbereich 14 und dem zweiten Befestigungsbereich 22 gegenüber der Ebene der Membran des Sensorchips 10 geneigt ist, d.h. einen spitzen Winkel bildet. In den Figuren 2, 3 und 5 sind die Verhältnisse jeweils so, dass die 20 angesprochene Verbindungsfläche parallel zur Ebene der Membran des Sensorchips 10 ist.

In beiden Varianten des erfindungsgemäßen Drucksensors ist der Sockel 20 jeweils von seiner Rückseite her so vorgesehen, dass sich der Querschnitt des Sockels 20 in Richtung auf den zweiten Befestigungsbereich 22 hin verjüngt. Dadurch ergibt sich die angesprochene zentrische Montierbarkeit des Drucksensorchips 10.

19.12.02 Sb/Zj

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10 Ansprüche

1. Drucksensor mit einem Drucksensorelement (10), wobei das Drucksensorelement (10) einen Membranbereich (12) und einen ersten Befestigungsbereich (14) aufweist, wobei der zu messende Druck auf den Membranbereich (12) eine Kraftwirkung (11) ausübt, wobei zur Befestigung des Drucksensorelement (10) der erste Befestigungsbereich (14) mit einem zweiten Befestigungsbereich (22) eines Befestigungselementes (20) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Befestigungsbereich (14) und der zweite Befestigungsbereich (22) durch die Kraftwirkung (11) auf Druck belastet werden.
2. Drucksensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Drucksensorelement (10) aus Halbleitermaterial (50) und/oder in Bulkmicromechaniktechnologie hergestellt vorgesehen ist.
3. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Drucksensor für hohe Drücke, insbesondere für Drücke bis ca. 1000 bar, vorgesehen ist.
4. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Drucksensor für Drücke über 1000 bar vorgesehen ist.
5. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungselement (20) hinsichtlich seines Temperaturausdehnungskoeffizienten an das Sensorelement (10) angepasst vorgesehen ist.
6. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem ersten Befestigungsbereich (14) und dem zweiten Befestigungsbereich ein Verbindungsmaterial (15) vorgesehen ist, wobei das Verbindungsmaterial (15) insbesondere vergleichsweise weich vorgesehen ist.
7. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, dass im Membranbereich (12) Widerstandselemente (16) vorgesehen sind.

30

8. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungsfläche zwischen dem ersten Befestigungsbereich (14) und dem zweiten Befestigungsbereich (22) parallel zur Membranebene vorgesehen ist.
9. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungsfläche zwischen dem ersten Befestigungsbereich (14) und dem zweiten Befestigungsbereich (22) in einem spitzen Winkel zur Membranebene vorgesehen ist.
10. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Querschnitt des Befestigungselements (20) zum zweiten Befestigungsbereich 22 hin verjüngt.

5

10

19.12.02 Sb/Zj

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10 Sensor und Verfahren zur Herstellung eines Sensors

Zusammenfassung

15 Es wird ein Drucksensor vorgeschlagen, wobei der Drucksensor ein Drucksensorelement (10) aufweist, wobei das Drucksensorelement (10) einen Membranbereich (12) und einen ersten Befestigungsbereich (14) aufweist, wobei der zu messende Druck auf den Membranbereich (12) eine Kraftwirkung (11) ausübt, wobei zur Befestigung des Drucksensorelements (10) der erste Befestigungsbereich (14) mit einem zweiten Befestigungsbereich (22) eines Befestigungselements (20) verbunden ist und wobei der erste Befestigungsbereich (14) und der zweite Befestigungsbereich (22) durch die Kraftwirkung (11) auf Druck belastet werden.

20

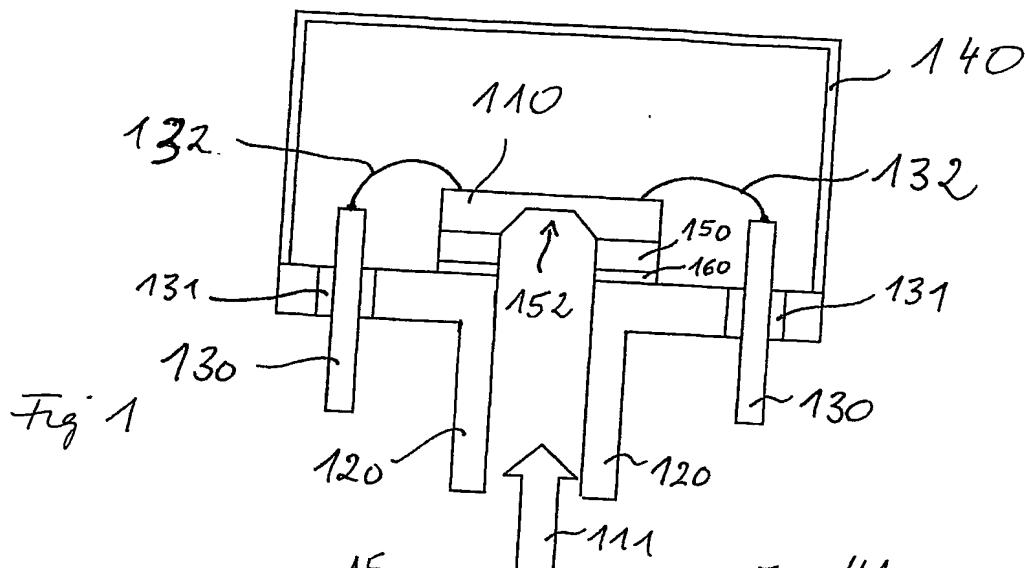


Fig. 1

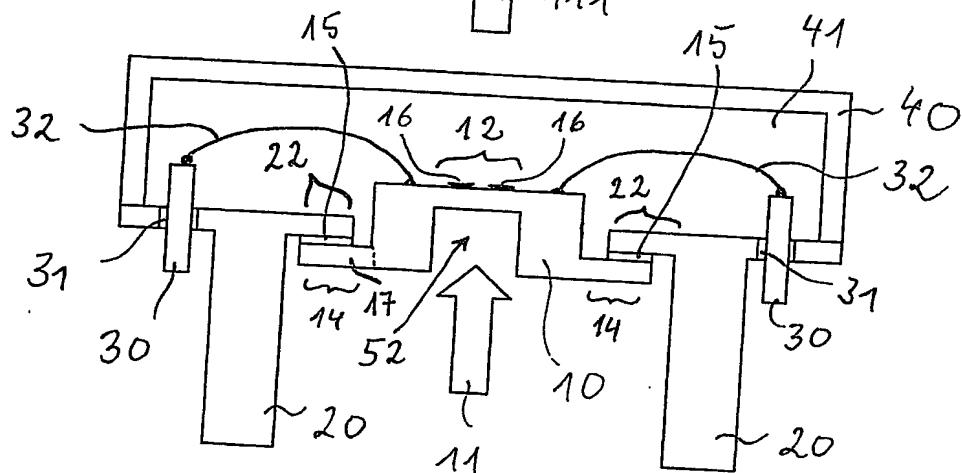


Fig. 2

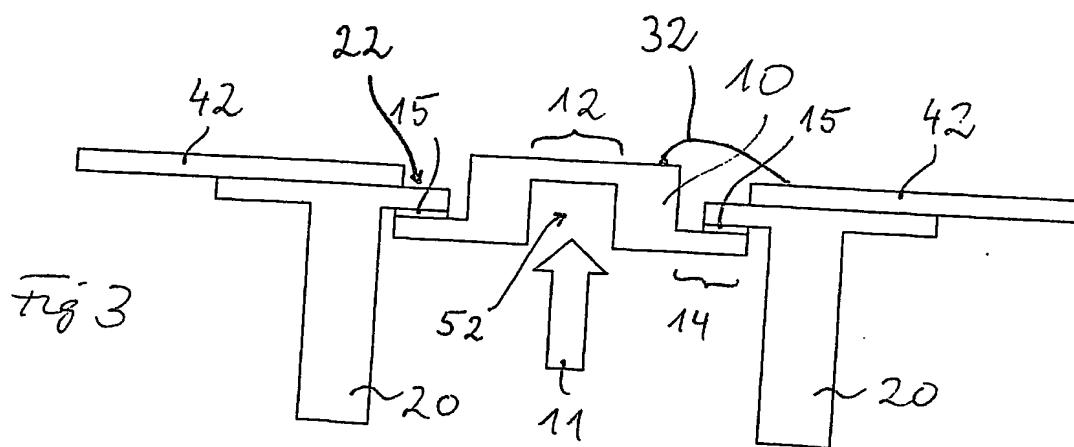


Fig. 3

2/3

R 304932

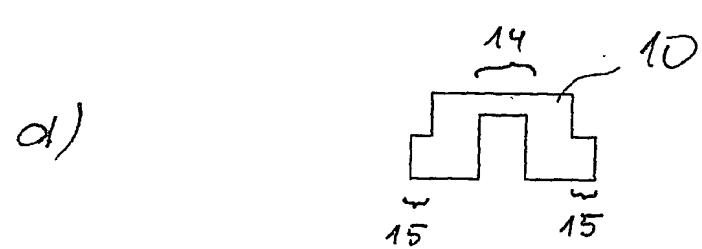
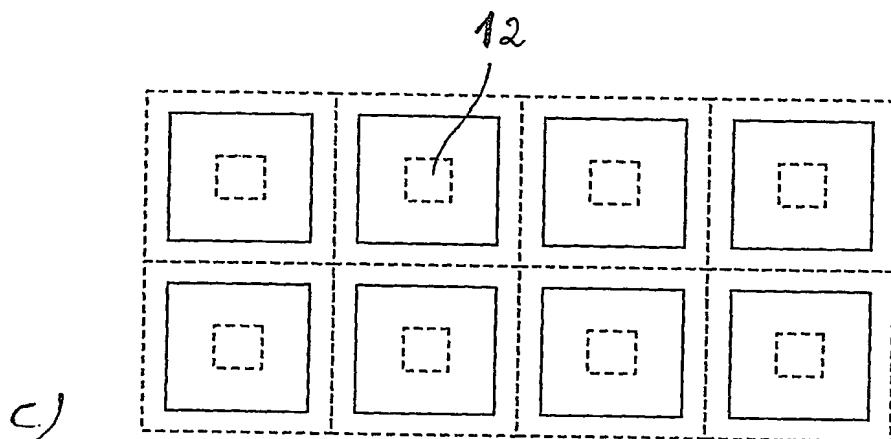
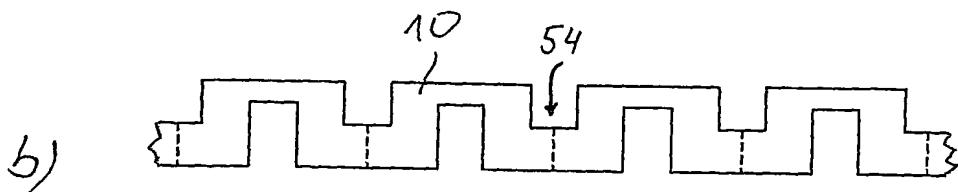
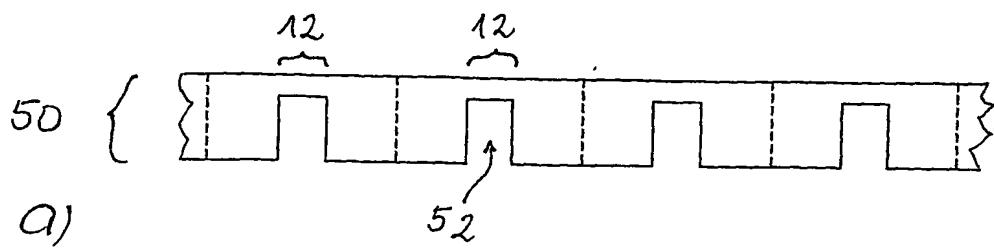


Fig 4

3/3

R 304932

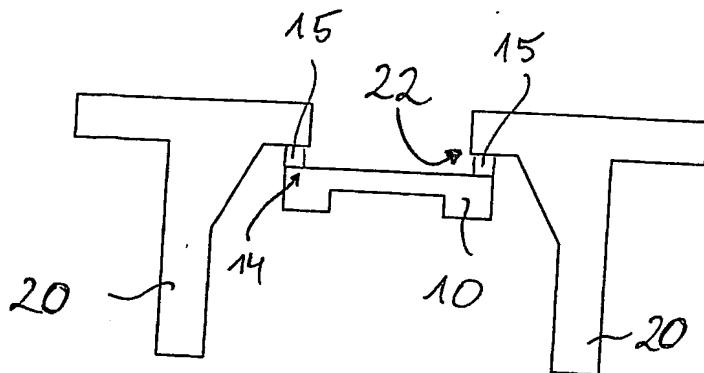


Fig 5

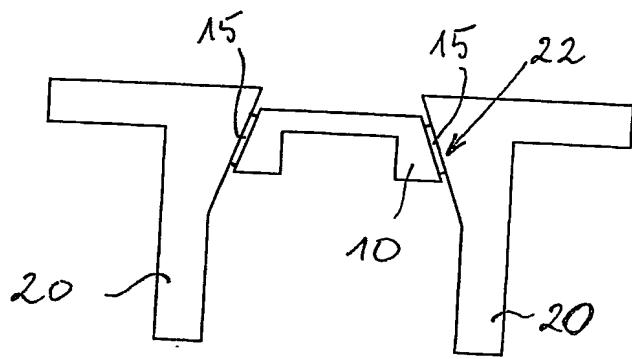


Fig 6